پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۸، صفحهٔ ۱۴۸-۱۳۲
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 132-148 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70590

پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد شش ژنوتیپ لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به مایه‌زنی با ریزوبیوم

هادی خاوری[1]* و قدرت‌اله شاکرمی[2]

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران
۲- گروه کشاورزی، زراعت، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران، ghshakarami1345@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۱

چکیده

کاربرد کودهای زیستی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت عناصر غذایی خاک و تولید پایدار محصولات در نظام‌های زراعی، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این راستا آزمایشی با هدف بررسی اثر *ریزوبیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۱۳۹۶ در منطقه بیران‌شهر لرستان اجرا شد. عوامل شامل مایه‌زنی با باکتری همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) در دو سطح (مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی) و ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شامل (غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا) بودند. نتایج نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، تعداد دانه در غلاف را و برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. مایه‌زنی با *ریزوبیوم* عملکرد دانه ژنوتیپ‌های غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا را به‌ترتیب ۱۳/۷، ۳۷/۲، ۲۳/۰، ۲۰/۹، ۵۵/۳ و ۳۱/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری (۳۴۸۵کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. این تیمار نسبت به تیمار توأم مایه‌زنی در رقم غفار، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۶، ۲۷/۸ و ۲۲/۷ درصد برتری داشت. یافته‌ها نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم*، دارای اثر افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی است و می‌توان در جهت تولید پایدار این محصول، عملکرد دانه را تا حد مطلوبی افزایش داد.

واژه‌گان کلیدی: بهینه‌سازی، تولید پایدار، شاخص برداشت، کودهای زیستی، کودهای شیمیایی

مقدمه

افزایش تولید محصولات زراعی جهت برآوردن نیازهای غذایی برای جمعیت درحال‌رشد جهان اهمیت بسیار زیادی دارد (Barea, 2015). کشاورزی فشرده یک سیستم کشاورزی است که با استفاده نامتعادل و بیش از نیاز نهاده‌های ورودی (کودها و سموم شیمیایی)، سبب ایجاد فشار زیادی بر محیط زیست می‌شود (Scotti *etal*., 2015). امروزه در بوم‌نظام‌های زراعی رایج با توجه به محدودبودن زمین‌های زراعی و همچنین نیاز رو به افزایش به محصولات کشاورزی، مصرف نامتعادل و بدون مدیریت کودهای شیمیایی افزایش یافته است. بررسی میزان مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) حاکی از آن است که در سال۲۰۱۴ میلادی، متوسط کل مصرف این کودها در سراسر جهان به‌ترتیب ۸۵/۵، ۳۳/۲ و ۲۰/۴کیلوگرم در هکتار بوده است که این میزان در مقایسه با سال ۲۰۰۰ میلادی به‌ترتیب افزایشی معادل ۳۱/۷، ۲۸/۱ و ۱۲/۰ درصد داشته است (FAO, 2015). این مدیریت نامطلوب کشاورزی می‌تواند سبب تغییر ترکیب گونه‌ای و یا کاهش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی شده و در نتیجه توانایی‌های طبیعی آن‌ها را نیز به لحاظ تولید محصولات زراعی تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی افزایش سلامت و تأمین امنیت غذایی محصولات تولیدشده در بوم‌نظام‌های کشاورزی در جهت حفظ پویایی منابع خاک و آب در این بوم‌نظام‌ها، بر اساس اصول اکولوژیک دارای اهمیت بسیاری است. از سوی دیگر مصرف نامتعادل و بدون مدیریت نهاده‌های شیمیایی باعث ناپایداری در بوم‌نظام‌های زراعی شده است و پیامدهای جبران‌ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی مصرف آن‌ها در کشاورزی در سراسر جهان شناخته شده است (Abbott & Murphy, 2007; Azarmi & Malakouti, 2014). کشاورزی پایدار با رویکرد حصول تولید پایدار در درازمدت و سازگاری با محیط، بر کاهش و یا حذف نهاده‌های شیمیایی در جهت تولید

*نویسنده مسئول: 2006.khavari.hadi@gmail.com

محصولات کشاورزی متکی است. هدف اصلی کشاورزی پایدار افزایش کارآیی چرخه داخلی عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به‌عنوان جایگزین برای کودهای شیمیایی در جهت بهبود و پایداری عملکرد دانه و کیفیت همراه با حفظ بهره‌وری مناسب از منابع خاک و آب در بوم‌نظام‌های زراعی است (Azarmi & Malakouti, 2014). کودهای زیستی حاوی مواد نگه‌دارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ریزجاندار مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه در یک نظام زراعی پایدار به کار می‌روند و رویکرد جهانی در تولید محصولات کشاورزی به سمت تولید و به‌کارگیری این ریزجانداران در نظام‌های زراعی است (Amirabadi *et al*., 2009; Parvizi *et al*., 2014). محققان در پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که توجه بیشتر به مدیریت خاک و بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی ریزجانداران از گیاهان در خاک می‌تواند تنوع زیستی، تأمین سلامت و به دنبال آن پویایی عناصر خاک را افزایش دهد، لذا برای رسیدن به یک سیستم زراعی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه‌های اکولوژیک سیستم را بهبود بخشند و اثرات منفی مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش دهند، ضروری به نظر می‌رسد (Kizilkaya, 2008; Koocheki *et al*., 2015). ازجمله این ریزجانداران مفید خاک‌زی می‌توان به گونه‌های مختلف باکتری‌های *ریزوبیوم* همزیست با خانواده حبوبات (*Rhizobium leguminosarum*) به‌ویژه *ریزوبیوم* همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli*) اشاره نمود (Hungria *et al*., 2000; Mhamdi *et al*., 2002). باکتری *ریزوبیوم* علاوه بر فراهمی نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک برای گیاه میزبان، می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف فسفر و پتاسیم گردد (Mehrpouyan *et al*., 2011; Hungria *et al*., 1997).در اغلب پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نقش مفید این ریزجانداران بر ارقام گیاه لوبیاچیتی (Jahanara *et al*., 2013; Feizian *et al*., 2017; Ghasemi Pir Balooti *et al*., 2004)، لوبیاقرمز (Ardakani *et al*., 2011; Kucuk, 2011; Taherkhani *et al*., 2009)، لوبیاسفید (Mirakhori *et al*., 2010) و لوبیاسبز (Faryabi *et al*., 2015; Bildirici & Yilmaz, 2005) در رابطه با افزایش تثبیت زیستی نیتروژن، رشد گیاه، عملکرد دانه و اجزای عملکرد گزارش نموده‌اند. دانه لوبیا علاوه بر قابلیت انبارداری مناسب، یک منبع غنی از پروتئین و مواد مغذی مانند ویتامین، نشاسته، روغن و مواد معدنی می‌باشد که دارای جایگاه مهم و عمده‌ای در سبد غذایی بسیاری از مردم دنیا است (Mcclean *et al*., 2004). با توجه به اهمیت تولید حبوبات در کشور، ارزیابی پاسخ این گیاهان نسبت به کاربرد کودهای زیستی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در راستای تولید پایدار این محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین هدف از این آزمایش ارزیابی اثر باکتری *ریزوبیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی در یک بوم‌نظام زراعی پایدار نسبت به روش‌های رایج کاشت و همچنین معرفی مناسب‌ترین ژنوتیپ این گیاه برای کاشت در شرایط آب‌وهوایی استان لرستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران‌شهر استان لرستان باعرض‌جغرافیایی ۴۲درجه و ۷۹دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۶درجه و ۷۰دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۶۹متر از سطح دریا، با میانگین بارندگی ۵۸۳میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه به‌ترتیب ۳۶/۶ و ۰/۷- درجه سانتی‌گراد اجرا شد. عوامل شامل تلقیح بذر با مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133)Rh در دو سطح (مایه زنیRh_1 و عدم مایه‌زنی Rh_2) و ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (G) شامل رقم غفار (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللیCranberry، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ۲، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۶روز، مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در ایران؛G_1)، رقم صدری (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین‌المللیCranberry، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۸روز، حساس به آفت کنه دونقطه‌ای، نیمه‌حساس به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، دانه‌درشت، مقاوم به ریزش دانه و مناسب برای کاشت در مناطق معتدل سرد ایران؛ G_2)، رقم تلاش (منشأ ایران، کلاس تجاریPinto، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۵روز، نیمه‌مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی خوب و تحمل متوسط در برابر خشکی؛ G_3)، لاینcos16 (منشأ کلمبیا، کلاس تجاریSpeekled suger، فرم بوته ایستاده و رشد محدود تیپ۱، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۰روز، نیمه‌حساس به آفت کنه دونقطه‌ای و مقاوم به بیماری‌های ویروسی، کیفیت و بازارپسندی خوب، نیمه‌مقاوم به خشکی، مناسب برای برنامه-

های برداشت مکانیزه و کشت مخلوط؛ G_4)، رقم محلی خمین (منشأ ایران، کلاس تجاری بین‌المللی Cranberry، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۹روز، حساس به آفت کنه دونقطه‌ای و نیمه‌مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی و مقاومت پایین در برابر خشکی؛ G_5)، و رقم کوشا (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین-المللی Cranberry؛ فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ۲، مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، و نیمه‌مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، مقاومت متوسط در برابر خشکی، مناسب برای کشت در مناطق معتدل سرد و مناسب برای برداشت مکانیزه؛ G_6) بودند.

زمین محل اجرای آزمایش در زمان تلقیح دارای نور طبیعی و درجه حرارت ۱۷ تا ۲۱درجه سانتی‌گراد و در سال زراعی قبل زیر کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) بود. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱-خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن N (%)	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mg
					($mg.kg^{-1}$)					
لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	7.54	0.87	0.723	0.096	9.4	290	0.69	2.88	0.91	7.16

در این آزمایش، به‌منظور عرضه مناسب مواد غذایی مورد نیاز برای رشد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، تمام تیمارها به‌طور یکسان با غلظت دو در هزار در سه مرحله رشد (تشکیل اولین سه‌برگچه‌ای، قبل از مرحله غنچه‌دهی و در مرحله پُرشدن غلاف‌ها) توسط کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲) محلول‌پاشی شدند.

جدول ۲- مشخصات کود کامل مورداستفاده در آزمایش

Table 2. Characteristics of totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری Commercial name	عناصر غذایی پُرمصرف (درصد) Macro nutrients %			عناصر غذایی کم‌مصرف (قسمت در میلیون) Micro nutrients (ppm)						
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	بور B	مس Cu	آهن Fe	منیزیم Mn	مولیبدن Mo	روی Zn	آمینو اسید Amino Acid
NutriPad 20-20-20	20	20	20	200	300	1200	300	50	900	8000

مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) با تراکم جمعیت 5×10^8 CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر از مؤسسه تحقیقات خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی تهیه گردید. جهت آماده‌سازی بستر کاشت، بهره‌گیری از مزایای شخم پاییزه و همچنین کاهش جمعیت علف‌های هرز، زمین موردنظر پس از انجام آبیاری توسط گاوآهن برگردان‌دار در پاییز سال۱۳۹۵ یک‌بار و در اردیبهشت‌ماه سال۱۳۹۶پس از انجام تسطیح زمین نیز یک‌بار شخم زده شد. واحدهای آزمایشی با ابعاد ۶×۲ متر و جوی و پشته‌ها توسط نهرکن با عرض ۵۰سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر درنظرگرفته شد. با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا، آبیاری پیش از کاشت انجام شد. پس از گذشت سه روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۲۳خرداد۱۳۹۶ به روش هیرم‌کاری (نم کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول شش متر با فاصله ردیف ۵۰سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف۵/۷سانتی‌متر و با تراکم ۳۵بوته در مترمربع در عمق چهار تا شش سانتی-متری خاک کشت شدند. مایه‌زنی با مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا در سایه انجام گردید. به‌منظور مایه‌زنی بذرها، قبل از کاشت میزان بذر موردنیاز محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت۱۰میلی‌لیتر به ازای

هرکیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم به نسبت ۵۰میلی‌لیتر برای هرکیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و درنهایت بذرها پس از گذشت مدت ۲۰دقیقه با خشک‌شدن نسبی کشت شدند. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. برای محاسبه نیاز آبی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در منطقه مورد آزمایش، از نرم‌افزار بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی مصرف آب کشاورزی OPTIWATاستفاده شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرارکامل گیاهچه‌ها در ۹روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری با توجه به مراحل مختلف رشد بوته‌ها از ۱۰روز (ابتدای مراحل رشد) تا شش روز (از زمان شروع مرحله گلدهی به طور تقریبی۵۲روز پس از کاشت تا زمان رسیدگی فیزیولوزیکی و برداشت محصول) یک‌بار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ارقام لوبیا با احتساب مرحله خاک آب (قبل از کاشت) در حدود ۲۰۷۹مترمکعب در هکتار و تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد، ۱۳مرحله بود. با توجه به اهداف توسعه پایدار در کشاورزی، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی در دو مرحله قبل از گلدهی و در زمان شروع غلاف‌دهی بوته‌ها انجام شد. همچنین در مراحل رشد بوته‌ها ازهیچ‌گونه نهاده شیمیایی شامل آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد. در پایان فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی همه ژنوتیپ‌ها (متوسط تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی برای رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا در منطقه اجرای آزمایش به‌ترتیب ۱۱۴، ۹۹، ۱۰۲، ۱۰۴، ۹۸ و ۱۰۲روز و تاریخ نهایی برداشت ۱۵مهرماه۱۳۹۶ بود)، برداشت محصول با درنظرگرفتن اثرحاشیه (حذف دو خط کناری و۵۰سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها به‌صورت کف‌بر در سطح چهار مترمربع انجام و پس از خشک‌شدن کامل بوته‌ها در شرایط نور طبیعی مزرعه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه (با رطوبت ۱۰ تا ۱۲) اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد لوبیا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰بوته (۵۷سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. وزن۱۰۰دانه نیز با استفاده از تعداد۱۰نمونه ۱۰۰تایی از بذرهای حاصل از عملکرد دانه محاسبه گردید. به این صورت که پس از توزین جداگانه هر نمونه (با دقت ۰/۰۱ گرم)، میانگین حسابی این اعداد به عنوان وزن۱۰۰دانه برای هر تیمار ثبت شد. برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضرب‌در عدد ۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزارSAS Ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد با گزاره LSMEANSبرش‌دهی اثر متقابل در صفاتی که اثر برهمکنش آن‌ها معنی دار بود ،انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات از نرم‌افزارSPSS 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزارExcel 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد گره فعال در ریشه معنی‌دار گردید.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که بیشترین میانگین تعداد گره فعال در ریشه مربوط به تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین تعداد گره نیز مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به‌ترتیب در رقم صدری، غفار و کوشا (همگی در یک کلاس آماری) می‌باشد (جدول۴). برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ نشان داد که تعداد گره فعال در ریشه در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی در ژنوتیپ به‌ترتیب به میزان ۳۳/۶، ۳۲/۷، ۱۹/۱، ۲۳/۰، ۳/۳۳ و ۵/۹۴ افزایش یافت (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد و اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری بر وزن تَر گره فعال در ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، بیشترین میانگین وزن تَر گره فعال در ریشه لوبیاچیتی را تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین میانگین را به‌ترتیب تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، کوشا، تلاش و صدری (همگی در یک کلاس آماری) نشان دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار وزن تَر گره فعال در ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شد، به‌طوری‌که وزن تَر گره در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۹/۶، ۳۲/۳، ۱۹/۴، ۱۹/۳، ۲۱/۹ و ۱۸/۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ بر صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 3. Analysis of variance (mean square) the effect of *Rhizobium* and genotyp on morphological traits of Pinto Bean genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square) تعداد گره فعال روی ریشه Number of active nodule on root	وزن تَرگره فعال روی ریشه Active nodule fresh weight on root	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Leaf No. per plant
تکرار Replication	2	3419 ^{ns}	0.226 **	0.143 ^{ns}	2.00 ^{ns}	437 ^{ns}	1043 *
ریزوبیوم Rh	1	45065 **	0.145 **	4.84 **	9.00 **	3620 **	6889 **
ژنوتیپ G	5	31089 **	0.920 **	2.89 **	13.2 **	4580 **	7462 **
ریزوبیوم×ژنوتیپ Rh*G	5	36373 **	0.144 *	1.03 **	11.0 **	1170 **	1101 **
خطا Error	22	1164	0.005	0.098	0.265	141	133
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	13.8	9.46	11.1	9.08	11.8	7.57

ns, *, **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at $p\leq0.05$; **: Significant at $P\leq0.01$

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ برصفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 4. Mean comparison of interaction effectof *Rhizobium* and genotyp on morphological traits of Pinto Bean genotypes

تیمار Treatment	تعداد گره فعال روی ریشه Number of active nodule on root	وزن تَر گره فعال روی ریشه (گرم) Active nodule fresh weight on root (g)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaf No. per plant
Rh_1C_1	246 ^{cd}	0.658 ^{ef}	2.50 ^{de}	4.33 ^{f}	119 ^{bc}	105 ^{gh}
Rh_1C_2	243 $^{c-e}$	0.924 ^{b}	4.00 ^{ab}	6.66 ^{c}	129 ^{ab}	167 ^{c}
Rh_1C_3	224 $^{c-f}$	0.830 $^{b-d}$	2.50 ^{de}	6.66 ^{c}	143 ^{a}	193 ^{ab}
Rh_1C_4	421 ^{a}	1.08 ^{a}	4.16 ^{a}	8.66 ^{a}	63.3 ^{fg}	209 ^{a}
Rh_1C_5	279 ^{c}	0.866 ^{bc}	2.50 ^{de}	5.33 ^{e}	77.6 ^{ef}	204 ^{a}
Rh_1C_6	196 $^{d-f}$	0.764 $^{c-e}$	3.40 ^{c}	6.33 ^{cd}	135 ^{ab}	123 ^{fg}
Rh_2C_1	184 ^{f}	0.600 ^{f}	2.00 ^{ef}	4.33 ^{f}	97.3 ^{de}	93.6 ^{h}
Rh_2C_2	183 ^{f}	0.698 ^{ef}	2.66 ^{d}	5.66 ^{de}	108 ^{cd}	143 ^{de}
Rh_2C_3	188 ^{ef}	0.695 ^{ef}	1.83 ^{f}	5.66 ^{de}	105 ^{cd}	177 ^{bc}
Rh_2C_4	342 ^{b}	0.905 ^{b}	3.50 ^{bc}	7.66 ^{b}	54.6 ^{g}	159 ^{cd}
Rh_2C_5	270 ^{c}	0.710 $^{d-f}$	2.00 ^{ef}	3.33 ^{g}	66.0 ^{fg}	135 ^{ef}
Rh_2C_6	185 ^{f}	0.647 ^{ef}	2.66 ^{d}	3.33 ^{g}	100 ^{cd}	118 ^{fg}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد دارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر متقابل).

Rh_1 و Rh_2: به‌ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم*

G_1، G_2، G_3، G_4، G_5 و G_6: به‌ترتیب رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا

Means with same letters don’t have significant difference, using Slicing method, ($p\leq0.05$).

Rh_1 and Rh_2: with and without apply *Rhizobium*, respectively

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 and G_6: Ghafar, Sadri, Talash, cos16 line, Khomein landrace and Kosha Cultivars, respectively

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش قطر ساقه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی شد. مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ نشان داد که بیشترین میانگین قطر ساقه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین میانگین آن در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم تلاش به‌دست آمد. قطر ساقه در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۲۵، ۵۰/۳، ۳۶/۶، ۱۸/۸، ۲۵ و ۲۷/۸درصد افزایش یافت (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد شاخه جانبی در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار شد. مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جانبی در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه از تیمار برهمکنش مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاینcos16 به‌دست آمد. این ژنوتیپ در شرایط عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین تعداد شاخه جانبی را به خود اختصاص داد. پایین‌ترین میانگین تعداد شاخه نیز مربوط به تیمار عدم مایه زنی *ریزوبیوم* در ارقام محلی خمین و کوشا بود که هر دو آن‌ها به لحاظ تولید کمترین تعداد شاخه در بوته در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۴). در بررسی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد مطالعه مشخص شد که تعداد شاخه جانبی در بوته رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی خمین و کوشا در شرایط مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نسبت به شرایط عدم مایه زنی به‌ترتیب به میزان ۱۰/۴، ۱۷/۶، ۱۷/۶، ۱۳، ۱۶ و ۱۹/۱درصد افزایش یافت (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی می‌شود. مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ (جدول۴) نشان داد که بیشترین میانگین ارتفاع بوته در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در ژنوتیپ تلاش و کمترین میانگین آن در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در ژنوتیپ cos16 به‌دست آمد. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در ژنوتیپ‌های غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۲۲/۳، ۱۹/۴، ۳۶/۱، ۱۵/۹، ۱۷/۵ و ۳۵/۱ درصد افزایش یافت (جدول۴).

با توجه به نتایج، اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد برگ در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود (جدول۳). نتایج نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش تعداد برگ در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی گردید. مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ (جدول۴) نشان داد که بیشترین میانگین تعداد برگ در بوته مربوط به تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به‌ترتیب در لاینcos16 و رقم محلی‌خمین (هر دو در یک کلاس آماری) و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار بود. برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که تعداد برگ در بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۱۲/۱، ۱۶/۷، ۹/۳، ۳۱/۴، ۵۱/۱ و ۴/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر طول غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* سبب افزایش معنی‌داری طول غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در مقایسه با بوته‌های عدم مایه‌زنی شد، به‌طوری‌که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم کوشا بیشترین و عدم مایه‌زنی در رقم محلی خمین کمترین میانگین طول غلاف را نشان داد (جدول۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با باکتری *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار طول غلاف نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی گردید، به‌طوری‌که طول غلاف در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۱۰/۱، ۹/۸، ۲۰/۰، ۴/۰، ۷/۰ و ۱۴/۲درصد افزایش داشت (جدول۶).

تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد لوبیا می‌باشد که داری همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد اقتصادی این گیاه می‌باشد (Moosavi *et al.*, 2015; Soheili Movahed *et al.*, 2017). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج‌درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید

(جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی در ارقام به‌ترتیب افزایش ۱۵/۷، ۶۸/۴، ۲۴/۷، ۱۲/۷، ۷۴/۵ و ۱۲/۴درصدی داشت (جدول۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 5. Analysis of variance (mean square) the effect of *Rhizobium* and genotype on yield and yield components of Pinto Bean genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square)						
		طول غلاف Pod length	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed No. per pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.517 ^{ns}	169 ^{ns}	3.13 ^{ns}	9.12 ^{ns}	681507 ^{ns}	120918 ^{ns}	0.036 ^{ns}
ریزوبیوم Rh	1	11.3 **	1560 **	15.7 **	22.5 ^{ns}	6842444 **	3781080 **	23.7 *
ژنوتیپ G	5	6.68 **	1617 **	13.5 **	371 **	4349679 **	1168902 **	307 **
ریزوبیوم×ژنوتیپ Rh*G	5	2.78 **	424 *	0.494 ^{ns}	95.4 **	10679806 **	2013469 **	211 **
خطا Error	22	0.224	20.9	0.224	5.03	258799	33564	9.63
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4.35	10.9	8.44	4.84	9.48	7.38	6.68

^{ns,*,**}: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at p≤0.05; **: Significant at P≤0.01

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ برعملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 6. Mean comparison of interaction effect of *Rhizobium* and genotyp on yield and yield components of Pinto Bean genotypes

تیمار Treatment	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	تعدادغلاف دربوته Pod No. per plant	تعداددانه درغلاف Seed No. per pod	وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight (g)	عملکرد زیست‌توده Biological yield ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرددانه Seed yield ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
Rh_1C_1	11.9 ^{bc}	25.0 ^{fg}	6.26 ^{ab}	50.7 ^{cd}	4119 ^{f}	1859 ^{g}	45.1 ^{g}
Rh_1C_2	12.3 ^{ab}	64.0 ^{ab}	7.00 ^{a}	55.7 ^{ab}	6335 ^{b}	3485 ^{a}	55.0 ^{a}
Rh_1C_3	11.6 ^{bc}	59.0 ^{b}	5.86 ^{bc}	43.5 ^{fg}	5693 ^{bcd}	3039 ^{b}	53.6 ^{b}
Rh_1C_4	10.4 ^{ef}	68.0 ^{a}	5.86 ^{bc}	32.8 ^{h}	7485 ^{a}	2862 ^{bc}	38.4 ^{h}
Rh_1C_5	9.53 ^{gh}	42.0 ^{cd}	5.53 ^{bc}	44.5 ^{ef}	5934 ^{bc}	2725 ^{cd}	46.0 ^{f}
Rh_1C_6	12.8 ^{a}	32.6 ^{ef}	7.06 ^{a}	53.4 ^{bc}	5240 ^{cde}	2862 ^{bc}	54.8 ^{a}
Rh_2C_1	10.8 ^{de}	21.6 ^{gh}	4.60 ^{de}	49.0 ^{d}	4512 ^{ef}	1635 ^{g}	36.3 ^{i}
Rh_2C_2	11.2 ^{cd}	38.0 ^{de}	5.06 ^{cd}	47.9 ^{de}	4784 ^{ef}	2540 ^{de}	53.0 ^{c}
Rh_2C_3	9.66 $^{f-h}$	47.3 ^{c}	4.46 ^{de}	40.1 ^{g}	4764 ^{ef}	2470 ^{def}	51.6 ^{d}
Rh_2C_4	10.0 $^{e-g}$	60.3 ^{ab}	4.66 ^{de}	31.4 ^{h}	6206 ^{b}	2366 ^{ef}	38.0 ^{h}
Rh_2C_5	8.90 ^{h}	15.3 ^{h}	4.06 ^{e}	58.9 ^{a}	4869 ^{def}	1754 ^{g}	36.0 ^{i}
Rh_2C_6	11.2 ^{cd}	29.0 ^{fg}	6.80 ^{a}	47.2 ^{def}	4440 ^{ef}	2177 ^{f}	49.0 ^{e}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد دارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر متقابل).

Rh_1 و Rh_2: به‌ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم*

G_1، G_2، G_3، G_4، G_5 و G_6: به‌ترتیب رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا

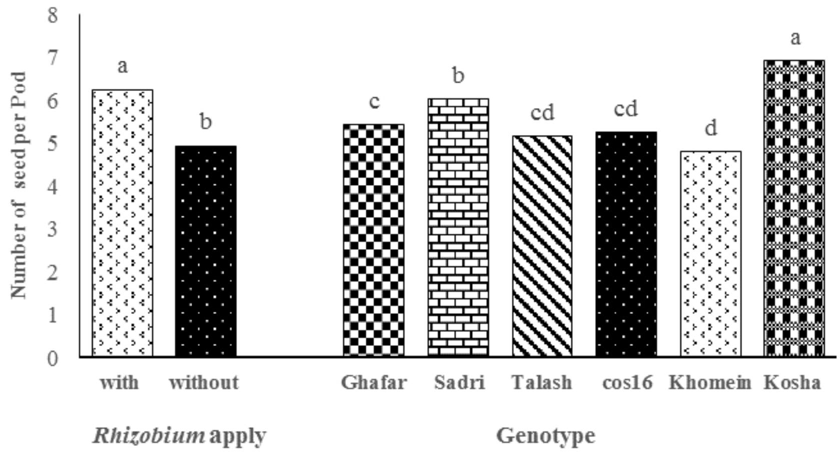
Means with same letters don’t have significant difference, using Slicing method, (p≤0.05).

Rh_1 and Rh_2: with and without apply *Rhizobium*, respectively

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 and G_6: Ghafar, Sadri, Talash, cos16 line, Khomein landrace and Kosha Cultivars, respectively

در این آزمایش مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با *ریزوبیوم* در کنار فراهمی عناصر غذایی در طی مراحل رشد به ویژه دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی توانست از طریق دسترسی بهتر بوته‌ها به مواد غذایی موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردد. با این وجود، به نظر می‌رسد که مایه‌زنی بذر ارقام لوبیاچیتی با ریزوبیوم توانست از طریق بهبود خصوصیاتی نظیر افزایش تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه، قطر ساقه، تعداد شاخه و همچنین تعداد برگ در بوته یا به عبارت دیگر، توسعه بهینه شاخسار (شاخه و برگ)، زمینه افزایش توان تولید جامعه گیاهی را نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی ایجاد کرده و در نتیجه به دلیل برقراری تعادل در بین اندام‌های رویشی و زایشی (افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن‌ها به غلاف) پتانسیل تولید غلاف در بوته را در ارقام مورد بررسی به‌طور مثبت و معنی‌داری بهبود بخشد که با نتایج دیگر محققان در رابطه با افزایش تعداد غلاف در بوته بر لوبیا و نخود (*Cicer arietinum* L.) با مایه‌زنی باکتری‌های همزیست ریزوبیومی مطابقت دارد (Jahanara *et al*., 2013; Kucuk, 2011; Soleimani & Asgharzadeh, 2010; Ardakani *et al*., 2011). در خصوص تفاوت در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به لحاظ میزان تولید تعداد غلاف در بوته، می‌توان دلیل این تفاوت را به توانایی ژنتیکی متفاوت ارقام در جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش رشد اندام‌های گیاه و به‌دنبال آن بهره‌وری بیشتر از منابع محیطی برای افزایش تعداد غلاف نسبت داد. سایر محققان نیز تفاوت مثبت و معنی‌داری را در بین ارقام مختلف لوبیا قرمز و چیتی به لحاظ افزایش توانایی تولید غلاف در شرایط مایه‌زنی با باکتری ریزوبیوم گزارش نموده‌اند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Jahanara *et al*., 2013; Safapour *et al*., 2010).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی افزایش ۲۶/۷درصدی نشان داد (شکل ۱). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ تولید تعداد دانه در غلاف تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقم کوشا به دست آمد که نسبت به رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16 و محلی‌خمین به‌ترتیب به میزان ۲۷/۶، ۱۴/۹، ۳۴/۳، ۳۱/۷ و ۴۴/۳درصد برتری داشت (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی با *ریزوبیوم* *Rhizobium phaseoli* Rb-133 بر تعداد دانه در غلاف

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثرمتقابل).

Fig 1. Effect of seed inoculation with *Rhizobium phaseoli Rb-133* on number of seed per pod

Means with the same letters don't have significant difference, using Slicing method, ($p \leq 0.05$).

در خصوص افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان بیان داشت که مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با باکتری همزیست *ریزوبیوم* در کنار فراهمی عناصر غذایی موجب رشد بهتر، تولید بوته‌های سالم‌تر، قوی‌تر و با برگ‌های دارای محتوای سبزینگی (SPAD) بیشتر (تیره‌تر) شد. همچنین به نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانست از طریق افزایش تعداد گره‌های فعال روی ریشه و تثبیت زیستی نیتروژن (Kuma *et al*., 2016; Tajini *et al*., 2012)، زمینه توسعه

اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه را از طریق افزایش شاخه‌ها و تعداد برگ در بوته فراهم نماید که این امر می‌تواند موجب عرضه بهینه مواد فتوسنتزی در اندام‌های زایشی شده و در نتیجه با افزایش طول غلاف توانست تعداد دانه در غلاف را به طور معنی‌داری افزایش دهد. دیگر محققان در بررسی اثر باکتری محرک رشد *سودوموناسپوتیدا* (*Pseudomonas putida*) بر لوبیاچیتی لاینcos16 در رابطه با افزایش تعداد دانه در غلاف نتایج مشابهی را گزارش نمودند. این محققان بیان داشتند که تلقیح باکتریایی گیاهان با باکتری *سودوموناسپوتیدا* سبب بهبود رشد و جذب عناصر غذایی می گردد (Shahsavani *et al*., 2017). سایر پژوهشگران نیز در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش دادند که تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (صدری، تلاش، خمین و محلی گیلان) تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) درسطح احتمال یک‌درصد، به لحاظ تعداد دانه در غلاف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (Jahanara*et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش وزن۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی می‌شود. مقایسه میانگین اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ (جدول۶) نشان داد که کمترین میانگین وزن۱۰۰دانه مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاینcos16 و بیشترین میانگین وزن۱۰۰دانه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم محلی‌خمین و صدری به‌دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول۶). ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی تولید وزن دانه بیشتر نسبت به مایه‌زنی با *ریزوبیوم*، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، به‌طوری که وزن۱۰۰دانه در تیمار اثر*ریزوبیوم* بر رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۳/۴، ۱۶/۲، ۸/۴، ۴/۴، ۳۲/۳ و ۱۳/۱درصد افزایش نشان داد (جدول۶).

در خصوص پاسخ ژنوتیپ‌های مورد بررسی به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به لحاظ تولید وزن دانه می‌توان بیان داشت که این موضوع می‌تواند به‌دلیل پتانسیل ژنتیکی متفاوت این ژنوتیپ‌ها برای تولید دانه‌هایی با اندازه‌های مختلف (ریز یا درشت) و همچنین وزن آن‌ها (کمتر یا بیشتر) نسبت به یکدیگر باشد. برخی محققان تنوع موجود در بین ارقام لوبیاچیتی از لحاظ وزن۱۰۰دانه را مربوط به اختلاف ژنتیکی ارقام در طول پُرشدن دانه از زمان گلدهی تا رسیدگی دانه می‌دانند (Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین وزن۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌دلیل افزایش تعداد غلاف و در نتیجه تعداد دانه در بوته کاهش چشمگیری نشان داد (جدول ۷) که این موضوع می‌تواند به‌دلیل انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های رویشی گیاه باشد. به‌نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانسته است از طریق بهبود رشد ریشه (افزایش تعداد و وزن گره‌های فعال در ریشه و اندام‌های هوایی نظیر ارتفاع بوته) و توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه (افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ‌ها) و در نتیجه بهبود فتوسنتز توسط بوته‌ها موجب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی گردد که این امر در نهایت توانسته است بوته‌هایی تولید نماید که در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی و دانه‌بندی با کمبود عناصر غذایی مواجه نشده و با نزدیک‌شدن به پایان فصل رشد نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های زایشی گیاه (به‌خصوص دانه‌ها) اختصاص دهند که این موضوع توانست وزن۱۰۰دانه را در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی به نحو مثبت و معنی‌داری نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی افزایش دهد. محققان نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری میان وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته لوبیا گزارش نمودند. این محققان همچنین افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته ارقام لوبیا را دلیل کاهش مواد فتوسنتزی تخصیص‌یافته به هر دانه و در نتیجه کاهش وزن۱۰۰دانه عنوان نمودند (Mirakhori *et al*., 2010). سایر محققان نیز در بررسی اثر مایه‌زنی با *ریزوبیوم* بر ارقام لوبیا قرمز، چیتی و سفید نتایج مشابهی را در رابطه با افزایش وزن دانه گزارش نموده‌اند (Taherkhani *et al*., 2009; Yadegari *et al*., 2009; Mirakhori *et al*., 2010; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت داد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه زنی با *ریزوبیوم* به لحاظ افزایش عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری به‌دست آمد که نسبت به تیمار اثر توأم مایه‌زنی در رقم غفار، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۷، ۲۷/۸ و ۲۱/۷درصد افزایش داشت (جدول۶). همچنین کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم مایه-زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری، تلاش، لاینcos16،

محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب در حدود ۵۵/۳، ۵۱، ۴۴/۷، ۷/۲ و ۳۳/۱درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول۶).

عملکرد دانه در گیاه لوبیا تابع فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک است و بیشترین عملکرد دانه در شرایطی به‌دست می‌آید که تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه در حداکثر مقدار خود باشد. در خصوص اثر مایه زنی *ریزوبیوم* می‌توان بیان داشت که باکتری‌های *ریزوبیوم* نقش مهم و مؤثری در تثبیت زیستی نیتروژن توسط گیاهان میزبان دارند که علاوه بر این به‌کارگیری آن‌ها در زراعت گیاهان همزیست و همچنین درنظرداشتن سویه‌های متناسب با نوع گیاه زراعی، می‌تواند موجب افزایش کارآیی این ریزجانداران مفید خاک‌زی گردیده و به روش‌های مختلف از طریق افزایش رشد، جذب عناصر غذایی (پتاسیم و فسفر) و افزایش سلامت در برابر آفات و بیماری‌ها، گیاه زراعی را در طی مراحل رشد و نمو مورد حمایت قرار داده و توان تولید اقتصادی آن را به‌طور مثبت و قابل‌توجهی افزایش دهد (Kuma *et al*., 2016; Tajini *et al*., 2012).

می‌توان گفت که مشاهده افزایش تعداد و اندازه گره‌های فعال روی ریشه، نشانه‌ای از بهبود وضعیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات به ویژه لوبیاچیتی در این آزمایش است. نتایج این آزمایش نشان‌دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* می‌تواند به‌دلیل همیاری این ریزجانداران با گیاه لوبیا باشد که توانسته‌اند از طریق بهبود سیستم ریشه‌ای (تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه) عملکرد زیست‌توده (قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد برگ در بوته)، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و همچنین تعداد دانه در بوته، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردد. بسیاری از محققان بر این باورند که کارآیی استفاده از کودهای نیتروژن در زراعت این گیاهان خیلی اندک یا در مواقعی صفر است؛ با این منظور که در حالت همزیستی در محیط، نیازی به مصرف کودهای نیتروژن ندارند (Kucuk *et al*., 2011). دیگر پژوهشگران گزارش نمودند که با مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژن، تعداد (Ansari*et al*., 2017) و وزن (Taherkhani *et al*., 2009) گره‌های تشکیل‌شده بر روی ریشه لوبیا کاهش چشمگیری خواهد داشت، چرا که گیاهان خانواده بقولات، به‌دلیل همزیستی باکتری‌های تثبیت کننده زیستی نیتروژن اتمسفری بر روی ریشه آن‌ها در طی فصل رشد، تا حد زیادی در حاصلخیزی خاک مؤثرند و سالانه مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک اضافه می‌شود که اثر سودمندی برای محصولاتی که در تناوب آن‌ها کشت می‌شوند، خواهد داشت (Peralta *et al*., 2016).

با یادآوری این‌که مصرف بیش از نیاز و بدون مدیریت کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن، پتانسیل بالایی در ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد (Zaidi *et al*., 2017)؛ و این‌که تثبیت زیستی این عنصر تا حد زیادی وابسته به فراهم‌بودن عناصر غذایی پرمصرف (فسفر، پتاسیم، کلسیم و گوگرد) و کم‌مصرف (آهن و مولیبدن) در محیط رشد این گیاهان می‌باشد (Glick, 2014)، نکته قابل‌توجه در این آزمایش افزایش تعداد و همچنین وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه ژنوتیپ‌های تلقیح شده با *ریزوبیوم* است که می‌تواند به دلیل عدم مصرف کود پایه نیتروژن و در نتیجه تأثیر مثبت باکتری *ریزوبیوم* بر رشد و افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی عرضه‌شده در طی فصل رشد بوته‌ها باشد (Han & lee, 2005; Glick, 2014)، به‌طوری‌که با استفاده از سویه کارآمد باکتری *ریزوبیوم* همزیست و همچنین فراهم‌نمودن عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد بوته‌ها به روش تغذیه برگی (محلول‌پاشی) در طول فصل زراعی، شاهد افزایش معنی‌دار تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بودیم که بهبود این خصوصیات ارتباط مستقیمی با صفات مورفولوژی و وابسته با عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی داشت (جدول ۷). این نتیجه با توجه به گزارش‌های متعدد سایر محققان در خصوص اثر کاهشی کاربرد کود پایه نیتروژن بر فعالیت باکتری همزیست ریشه بقولات (Ansari *et al*., 2017; Peralta *et al*., 2016) و همچنین اهداف این پژوهش چندان دور از انتظار نبوده است. دیگر محققان نیز گزارش کردند که افزودن ماده آلی به محیط ریشه در طی مراحل رشد گیاهان تلقیح شده، فعالیت باکتری‌ها را به‌طور چشمگیری بالا برده و تعداد گره در ریشه لوبیا را افزایش می‌دهد (Das *et a*l., 2014) که با نتایج آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به اهداف این آزمایش و همچنین اهمیت معرفی ژنوتیپ برتر با اولویت سازگاری و پتانسیل تولید اقتصادی بیشتر برای معرفی به کشاورزان منطقه مورد آزمایش، در خصوص تفاوت تولید عملکرد دانه در ارقام لوبیاچیتی مورد بررسی، می‌توان بیان داشت که این امر می‌تواند به‌دلیل پتانسیل تولید متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت یکدیگر باشد که می‌تواند دلیل اصلی این تفاوت در عملکرد دانه در بین این ژنوتیپ‌ها باشد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با باکتری *ریزوبیوم* پاسخ‌های متفاوتی را نشان دادند. رقم صدری در شرایط مایه‌زنی با *ریزوبیوم*نسبت به رقم غفار، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۷، ۲۷/۸ و ۲۱/۷درصد پتانسیل بالاتری را در افزایش تولید اقتصادی نشان

داد. همچنین کمترین عملکرد دانه در رقم غفار به دست آمد که در مقایسه با رقم تلاش، cos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۶۳/۴، ۵۳/۹، ۴۶/۵ و ۵۳/۹درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۶).

در خصوص اختلاف تولید عملکرد دانه در بین این ارقام می‌توان سازگاری با شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش را نیز برای ارقام با عملکرد بالاتر عنوان نمود. در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نتایج مشابهی توسط دیگر محققان بر ارقام لوبیا قرمز، چیتی و سفید در رابطه با نقش مثبت و معنی‌دار مایه‌زنی با باکتری‌های همزیست *ریزوبیوم* در افزایش رشد و عملکرد اقتصادی این گیاهان گزارش‌شده است (Bildirici & Yilmaz, 2005; Uyanoz, 2007; Mehrpouyan *et al*., 2011; Kucuk, 2011; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد زیست‌توده ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیاچیتی در مقایسه با بوته‌های عدم مایه‌زنی شد. بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 مشاهده گردید که نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به میزان ۲۰/۶درصد افزایش یافت (جدول۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ افزایش عملکرد زیست‌توده پاسخ‌های متفاوتی به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نشان می‌دهند، به‌طوری‌که عملکرد زیست‌توده در تیمار اثر توأم مایه زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنیدر این ژنوتیپ‌هابه‌ترتیب به میزان ۹/۵، ۳۲/۴، ۱۹/۵، ۲۱/۸ و ۱۸درصد افزایش داشت (جدول۶).

مایه‌زنی با *ریزوبیوم* از طریق قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن و بهبود شرایط ریزوسفری خاک برای جذب عناصر غذایی موجب بهبود رشد، افزایش جذب مواد غذایی و توسعه اندام‌های گیاه (شاخسار و برگ) و در نتیجه افزایش کارآیی فتوسنتز و تولید ماده خشک در گیاه میزبان می‌گردد (Uyanoz, 2007; Mirakhori *et al*., 2010; Mehrpouyan *et al*., 2011).مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در کنار عرضه مناسب عناصر غذایی در طی مراحل رشد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، توانست از طریق بهبود سیستم ریشه‌ای (افزایش تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه) و خصوصیات زراعی (قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه تعداد برگ در بوته و همچنین تعداد غلاف در بوته) زمینه را برای رشد بهتر بوته‌ها فراهم نماید که در نتیجه موجب توسعه حجم کلی بوته‌ها و به دنبال آن افزایش عملکرد زیست‌توده گردید (جدول ۷). نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص پاسخ ارقام مختلف لوبیاقرمز، چیتی و سفید به مایه‌زنی با باکتری‌های ریزوبیوم نیز نشان‌دهنده افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد زیست‌توده این گیاه است (Mirakhori *et al*., 2010; Ardakani *et al*., 2011; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد زیست‌توده گیاهان زراعی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر *ریزوبیوم* در سطح احتمال پنج‌درصد، اثر ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با کود زیستی *ریزوبیوم* همزیست لوبیا سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در ارقام لوبیاچیتی مورد بررسی شد. بیشترین افزایش شاخص برداشت در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم صدری و کوشا مشاهده شد که هر دو آن‌ها در یک کلاس آماری قرار گرفتند. کمترین شاخص برداشت نیز در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار و محلی‌خمین به‌دست آمد که هر دو آن‌ها نیز در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول۶). بین اثر توأم مایه‌زنی *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در مقایسه با شرایط عدم مایه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که شاخص برداشت در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۲۴/۲، ۳/۷، ۳/۸، ۱/۵، ۲۷/۷ و ۱۱/۸درصد افزایش یافت (جدول۶).

مایه‌زنی *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شده است که می‌تواند نشان‌دهنده نقش این ریزجانداران مفید خاکزی در تقویت کارآیی فرآیند فتوسنتز، توزیع و انتقال بهینه مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) ساخته‌شده در بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه به‌ویژه اندام‌های اقتصادی باشد (Kucuk, 2011; Uyanoz; 2007). به‌نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانست از طریق برقراری توازن در بین رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه موجب افزایش تخصیص آسیمیلات‌ها (مواد فتوسنتزی) به مخازن ذخیره‌ای گیاه (دانه‌ها) گردد که در مجموع، افزایش تعداد گره فعال روی ریشه، ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه موجب افزایش معنی

دار شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول۷). در رابطه با نقش مثبت و اثرگذار به‌کارگیری باکتری‌های محرک رشد ریزوبیومی بر افزایش عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت در زراعت ارقام مختلف لوبیا قرمز، چیتی، سفید و سبز نتایج مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شده است (Kumar*et al*., 2016; Faryabi *et al*., 2015; Ardakani *et al*., 2011; Mirakhori *et al*., 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی اختصاص مواد فتوسنتزی از سایر اندام‌های گیاه به دانه‌ها (شاخص برداشت) تفاوت مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص برداشت به‌ترتیب در رقم صدری، تلاش، کوشا، لاینcos16، غفار و محلی‌خمین مشاهده شد (جدول۶). به‌نظر می‌رسد که برتری میزان شاخص برداشت این ژنوتیپ‌ها نسبت به یکدیگر می‌تواند به‌دلیل توانایی آن‌ها در انتقال بهینه مواد فتوسنتزی ساخته‌شده توسط گیاه به اندام‌های اقتصادی (دانه ها) باشد که بیانگر پتانسیل تولید عملکرد اقتصادی بالاتر این ارقام نسبت به یکدیگر است.

جدول ۷- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 7. Pearson correlation coefficient of measured traits in Pinto Bean genotypes

	AN	ANF	SD	BP	PH	LP	PL	PP	SP	SW	BY	GY	HI
AN	1												
ANF	0.788 **	1											
SD	0.559 **	0.587 **	1										
BP	0.629 **	0.678 **	0.677 **	1									
PH	0.141 ns	-0.391 *	-0.119 ns	-0.168 ns	1								
LP	0.630 **	0.666 **	0.281 ns	0.515 **	-0.249 ns	1							
PL	0.415 *	0.068 ns	0.417 *	0.269 ns	0.576 **	-0.260 ns	1						
PP	0.695 **	0.662 **	0.546 **	0.722 **	-0.036 ns	0.753 **	0.071 ns	1					
SP	0.333 *	0.031 ns	0.336 *	-0.077 ns	0.503 **	-0.018 ns	0.547 **	0.227 ns	1				
SW	-0.111 ns	-0.355 *	-0.193 ns	-0.533 **	0.358 **	-0.503 **	0.304 ns	-0.624 **	0.128 ns	1			
BY	0.787 **	1.00 *	0.587 **	0.678 **	-0.392 *	0.665 **	0.068 ns	0.661 **	0.030 ns	-0.357 *	1		
GY	1.00 **	0.788 **	0.559 **	0.629 **	0.141 ns	0.630 **	0.415 *	0.695 **	0.333 *	-0.111 ns	0.787 **	1	
HI	0.538 **	-0.078 ns	0.099 ns	0.085 ns	0.749 **	0.132 ns	0.565 **	0.219 ns	0.514 **	0.237 ns	-0.080 ns	0.538 **	1

**, *, ns: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at P≤0.05; **: Significant at P≤0.01

AN (Active Nodule on root): گره فعال روی ریشه؛ ANF (Active Nodule Fresh weight on root): وزن تَر گره فعال روی ریشه؛ SD (Stem Diameter): قطرساقه؛ BP (Branch No. per Plant): تعداد شاخه جانبی؛ PH (Plant Height): ارتفاع بوته؛ LP (Leaf No. per Plant): تعداد برگ در بوته؛ PL (Pod Length): طول غلاف؛ PP (Pod No. per Plant): تعداد غلاف در بوته؛ SP (Seed No. per Pod): تعداد دانه در غلاف؛ SW (100-Seed Weight): وزن۱۰۰دانه؛ BY (Biological Yield): عملکرد زیست توده؛ GY (Grain Yield): عملکرد دانه؛ HI (Harvest Index): شاخص برداشت

نتیجه‌گیری

در بیشتر صفات ذکرشده تأثیر مثبت و معنی‌دار کود زیستی *ریزوبیوم* مشاهده شد، به این صورت که با مایه‌زنی *ریزوبیوم* علاوه بر خصوصیات ریشه، صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی افزایش یافت. با توجه به این‌که بررسی‌های محققان در این خصوص، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف لوبیا را توسط کود زیستی *ریزوبیوم* به اثبات رسانده است، در این پژوهش نیز کاربرد کود زیستی *ریزوبیوم* توانست به‌طور مستقیم اثر مثبتی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بگذارد. رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاه توسط به‌کارگیری کود زیستی *ریزوبیوم* تحریک شد، ولی اثر آن بر خصوصیات ریشه برجسته‌تر بود که این امر نشان دهنده بهبود وضعیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات به ویژه لوبیاچیتی در این پژوهش است. از طرفی بسیاری از محققان معتقدند که کودهای زیستی موجود به تنهایی نمی‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی شوند و از سوی دیگر با توجه به هزینه بالای خرید کودهای شیمیایی برای کشاورزان و نیز پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف نامتعادل این کودها، به‌کارگیری کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن در تلفیق با مقدار متعادل و بهینه کودهای شیمیایی گزینه مناسبی به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. در این خصوص می‌توان بیان داشت که مایه‌زنی بذر گیاهان زراعی با این ریزجانداران مفید خاکزی زمانی تأثیرگذار خواهد بود که با استفاده از سویه‌های اثرگذار (دارای همزیستی بهتر)، انتخاب رقم مناسب، ایجاد شرایط محیطی و بستر خاک مطلوب به لحاظ فراهمی عناصر غذایی در محیط رشد بوته‌ها بتوان به عملکرد مورد انتظار با توجه به پتانسیل تولید ارقام دسترسی پیدا کرد. در این راستا برای بهینه‌سازی مصرف کودهای

شیمیایی به‌ویژه نیتروژن و همچنین تولید عملکرد مطلوب و مقرون‌به‌صرفه در زراعت لوبیاچیتی در شرایط اقلیمی استان لرستان و همچنین مناطقی با شرایط اکولوژیک مشابه، می‌توان به‌ترتیب ارقام صدری، تلاش، لاینcos16 و کوشا را به‌همراه مایه‌زنی بذر با باکتری همزیست لوبیا (Rb-133) در کنار عرضه مناسب مواد غذایی موردنیاز با روش تغذیه برگی (محلول‌پاشی) در طی مراحل رشد و نمو این گیاه و تا حد امکان عدم کاربرد خاکی عناصر غذایی در جهت پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و حفظ منابع خاک و آب توصیه نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) جهت همکاری در تهیه سویه باکتری و همچنین جناب آقای دکتر عادل غدیری (عضو محترم هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی) که با همکاری ارزنده خود در تهیه بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشتند، قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility; A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer International Publishing.
2. Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009. Effect of A*zotobacter* and M*ycorrhizal* fungi inoculants on the uptake of some nutrients in corn (SC 704 cultivar) at different levels of phosphorus. Iranian Journal of Soil Research (Soil & Water Science) 23(1): 107-115. (In Persian).
3. Ansari, M.H., Asadi-Rahmani, H., Mazaheri, R., and Rezazadeh, B. 2017. The Effect of combined use of chemical fertilizer, *Azetobacter*, *Azospirillum* and compost on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Applied Research in Field Crops 30(3): 1-12. (In Persian).
4. Azarmi, F., Malakouti, M.J., and Khavazi, K. 2014. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on increasing the efficiency and recovery percent of phosphate fertilizers in canola. Iranian Journal of Soil Research (formerly Soil & Water Science) 24(4): 499-507. (In Persian with English Summary).
5. Barea, J.M. 2015. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15(2): 261-282.
6. Bildirici, N., and Yilmaz, N. 2005. The effect and different nitrogen and phosphorus doses and bacteria inoculation (*Rhizobium phaseoli*) on the yield and yield component of field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy 4(3): 207-215.
7. Das, I., Pradhan, A.K., and Singh, A.P. 2014. Yield and yield attributing parameters of organically cultivated mung bean as influenced by PGPR and organic manures. Journal of Crop and Weed 10(1): 172-174.
8. Faryabi, E., Abdossi, V., Sibi, M., and Marzban, Z. 2015. Effects of dual inoculation of *Mycorrhizal Arbuscular* fungi and *Rhizobium* bacteria on yield and potassium content of corn grains and green bean under Intercropping. Journal of Novel Applied Sciences 4(6): 703-708.
9. Feizian, M., Hemmati, A., Asadi Rahmani, H., and Azizi, Kh. 2017. Effects of *Rhizobium* bacteria strains on yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress condition. Journal of Soil Biology 4(2): 165-176. (In Persian).
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Statistical Pocketbook World Food and Agriculture. Available at Web site http://www.fao.org/Statistics (verified 31 Aug 2016).
11. Ghasemi Pir Balooti, A., Elah Dadi, I., Akbari, Gh.A., and Gol Paravar, A. 2004. Effects of inoculation of bean cultivars with *Rhizobium legominosarum* biovar phaseoli on yield and nitrogen fixation in Shahrekord condition. Journal of Agroecology 2(1): 55-66. (In Persian with English Summary).
12. Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research 169(1): 30-39.
13. Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.
14. Hungria, M., De, D.S., Andrade, L.M., De O. Chueire, A., Probanza, F.J., and M., Guttierrez-Manero, Megias. 2000. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. Soil Biology and Biochemistry 32: 1515-1528.
15. Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997a. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monocultura consorcio. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 32: 807-818.

16. Jafari, M., Moosavi, S.S., Chaichi, M., Ahmadvand, Q., and Abdollahi, M. 2015. Evaluation of variability and heritability of effective traits on yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and moisture stress conditions before pod formation. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 108: 59-66. (In Persian with English Summary).
17. Jahanara, F., Sadeghi, S.M., and Ashouri, M. 2013. The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with *Rhizobium* bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan. Iranian Journal of Pulses Research 4(2): 111-120. (In Persian with English Summary).
18. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33(2): 150-156.
19. Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taher Abadi, Sh. 2015. Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in mashhad condition. Iranian Journal of Field Crops Research 13(3): 448-460. (In Persian with English Summary).
20. Kucuk, C. 2011. Inoculation with *Rhizobium* spp. in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Zemdirbyste Agriculture 98(1): 49-56.
21. Kumar, P., Pandey, P., Chandra Dubey, R., and Kumar Maheshwari, D. 2016. Bacteria consortium optimization improves nutrient uptake, nodulation, disease suppression and growth of the common bean *Phaesolus vulgaris* in both pot and field studies. Rhizosphere 2: 13-23.
22. Mcclean, P., Kamir, J., and Gepts, P. 2004. Genomic and Genetic Diversity in Common Bean. In: R.F. Wilson, H.T. Stalker and E.C. Brummer (Eds.). Legume Crop Genomics. AOCS Press. Champaign, Illinois. p. 60-82.
23. Mehrpouyan, M., Noormohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Heidari Sharifabade, H., and Shirani Rad, A.H. 2011. Effect of some inoculants containing *Rhizobium legominosarum*; bv. *Phaseoli* on nutrients elements uptake in three cultivars of common bean. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 1-10. (In Persian with English Summary).
24. Mhamdi, R., Laguerre, G., Aouani, V.M., Mars, M., and Amarger, N. 2002. Different species and symbiotic genotypes of field rhizobia can nodulate *Phaseolus vulgaris* in Tunisian soils. FEMS. Microbiology Ecology 41: 77-84.
25. Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhori, M., and Pour Siah Bidi, M. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 2(1): 175-185. (In Persian with English Summary).
26. Parvizi, K., Dashti, F., Esna Ashari, M., Rejali, F., and Chiechi, M. 2014. Effect of two mycorrhizal fungi species (*Glomus mosseae* and *G. etunicatum*) on mineral nutrients uptake and mini tuber production in potato plantlets. Journal of Soil Biology 1(1): 61-69. (In Persian with English Summary).
27. Peralta, H., Aguilar, A., Díaz, R., Mora, Y., Martínez-Batallar, G., Salazar, E., and Mora, J. 2016. Genomic studies of nitrogen-fixing rhizobial strains from *Phaseolus vulgaris* seeds and nodules. BMC Genomics 17(1): 711-718.
28. Safapour, M., Ardakani, M.R., Khaghani, Sh., Rejali, F., Zargari, K., Changizi, M., and Teimuri, M. 2011. Response of yield and yield components of three red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 11 (3): 398-405.
29. Safapour, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Khaghani, SH., and Teimouri, M. 2010. Effect of co-inoculation of *Mycorrhiza* and *Rhizobium* on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture 5(1): 21-35. (In Persian).
30. Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., and Rao, M.A. 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15(2): 333-352.
31. Shahsavani, Sh., Gharanjik, Sh., and Jadidoleslam, N. 2017. Effect of *Mycorrhiza*, *Pseudomonas* bacteria and humic acid on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 97-112. (In Persian with English Summary).
32. Soheili Movahed, S., Esmaeili, M.A., Jabbari, F., and Fooladi, A. 2017. Evaluation of yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under late season water deficit conditions. Journal of Agroecology 9(2): 433-444. (In Persian with English Summary).
33. Soleimani, R., and Asgharzadeh, A. 2010. Effects of *Mesorhizobium* inoculation and fertilizer application on yield and yield components of rainfed chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 1-8. (In Persian with English Summary).

34. Taherkhani, M., Normohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Haydari Sharif Abad, H., and Shirani Rad, A.M. 2009. Evaluation of different strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli inoculation on ecophysiological nitrogen fixation ability of common bean, *Phaseolus vulgaris* L., cultivars. Agroecology Journal 5(1): 23-36. (In Persian with English Summary).
35. Tajini, F., Trabelsi, M., and Drevon, J.J. 2012. Combined inoculation with Glomus intraradices and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Saudi Journal of Biological Sciences 19: 157-163.
36. Uyanoz, R. 2007. The effect of different bio-organic, chemical fertilizer and their combination on yield, macro and micro nutrient content of dry bean (*phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Agriculture Research 2(2): 115-125.
37. Yadegari, M., Normohammadi, Gh., and Asadi Rahmani, H. 2009. inoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv phaseoli and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR). Agroecology Journal 5(2): 153-163. (In Persian with English Summary).
38. Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A., Ahmed, B., and Shahid, M. 2017. Role of Nitrogen-Fixing Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Sustainable Production of Vegetables: Current Perspective. In: Microbial Strategies for Vegetable Production. Springer International Publishing. (p. 49-79).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 132-148 (Research Article)

Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with *Rhizobium phaseoli*

Khavari[1*], H. & Shakarami[2], Gh.

1. Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
2. Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran, ghshakarami1345@gmail.com

Received: 29 January 2018
Accepted: 11 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70590

Introduction

Increasing the production of crops to meet the food needs of a growing population of the world is a great necessity. Intensive farming is an agricultural system that uses more than necessary and unbalanced inputs (fertilizers and pesticides), causing major of pressure on the environment. Today, in conventional farming systems, due to the limited amount of agricultural land, as well as the growing need for crops produced in indigenous agriculture, they have led to unbalanced consumption without the management of chemical fertilizers in the production of these products. The use of chemical fertilizer: nitrogen (N), phosphate (P_2O_5), potassium (K_2O) in 2014-year ad around the world to 85.5, 32.2 and 20.4 (Kg of nutrients per ha) respectively. In comparison with year 2000 (Within 14 years), 64.9, 25.9 and 18.2 (Kg of nutrients per ha) respectively: 31.7, 28.1 and 12 percent it has increased. This undesirable agricultural management can change species composition or reduce biodiversity in farmland, and thus affect their natural capabilities in terms of crop production. On the other hand, increasing the health and security of food products produced in agricultural systems to maintain the dynamism of soil and water resources in these canopy systems is important on the basis of ecological principles. On the other hand, unbalanced consumption without management of chemical inputs has led to instability in agricultural ecosystems and the irreparable economic and environmental consequences of their consumption in agriculture are known throughout the world.

Materials & Methods

An experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2017 at the experimental field of Beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (42° 79' E, 36° 70' N and 1669m above the sea level). To determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 cm depth of soil. During the experiment effects of two factors were studied: 1. Inoculation with *Rhizobium* bacteria Rb (*Rhizobium Phaseoli* Rb-133*)* in tow levels (Rb_1= inoculation, Rb_2= non-inoculation), and 2. different genotypes of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in six levels (C_1: Gafar, C_2: Sadri, C_3: Talash, C_4: cos16 line, C_5: Khomein Landrace and C_6: Kosha genotypes). The seeds were inoculated with *Rhizobium phaseoli* Rb-133 before culturing. Traits such as: number of pods per plant, seeds per pod, number of seeds per plant, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index were measured.

Results & Discussion

The results showed the effect of rhizobium and genotype, number of seeds per pod, as well as the effect of two interactions rhizobium and genotype, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100 seed weight, grain yield, biological yield and harvest index of pinto bean genotypes significantly increased. The effect of rhizobium and genotype had significant effects on number of seeds per pod ($p \leq 0.01$); effect of rhizobium and genotypeon number of pod per plant ($p \leq 0.05$), number of seed per plant ($p \leq 0.01$), 100 seed weight ($p \leq 0.01$), grain yield ($p \leq 0.01$), biological yield and harvest index ($p \leq 0.01$) had significant effects on pinto bean genotypes. Inoculation with Rhizobium seed yields of Ghafar, Sadri, Talash, Cos16 line, Khomein and Kosha 13.7, 37.2, 23, 20.9, 55.3 and 31.4 % increased, respectively. The highest grain yield (3485 Kg. ha^{-1}) was obtained in the interaction between rhizobium and Sadri genotype.

[*] **Corresponding Author:** 2006.khavari.hadi@gmail.com

Conclusion

Generally, results showed that the yield and yield components of pinto bean genotypes were influenced by Rhizobium bacteria (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) inoculation. The inoculation of seeds with rhizobium bacteria, coexistence of beans along with the nutritional elements during growth stages of Pinto bean genotypes, could improve growth indices, increase yield and yield components. Inoculation with rhizobium has an increased effect on yield and yield components of pinto bean genotypes and can increase the grain yield to a favorable level in order to produce a stable product.

Keywords: Biological fertilizers, Chemical fertilizers, Harvest index, Optimization, Sustainable production